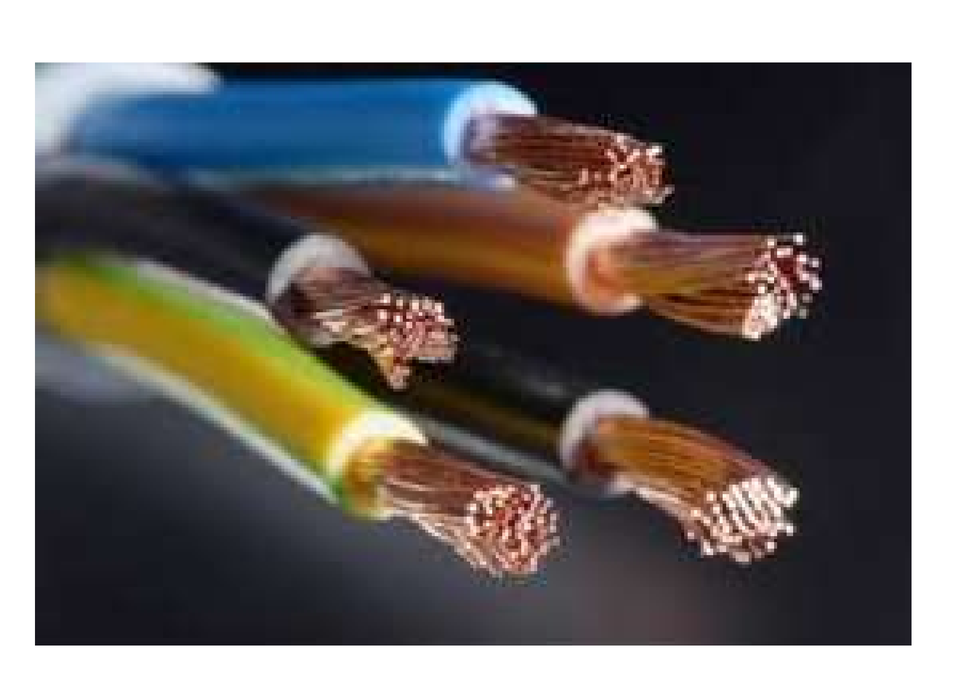
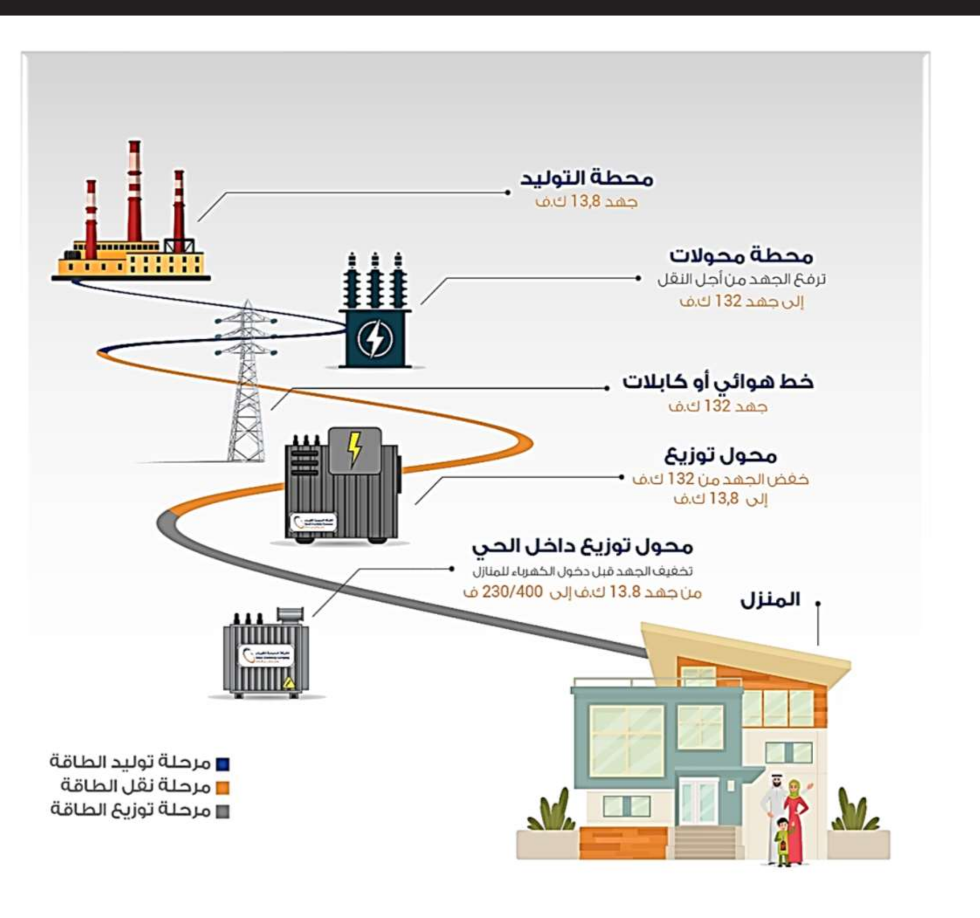


الكابلات الكهربية لشبكات الجهد المنخفض

إعداد : م.طارق أحمد أبوخضرة



الموصلات هي المكونات الرئيسية للشبكات الكهربية بمختلف جهودها سواء كانت شبكات الجهد المنخفض أوالجهد المتوسط أوالجهد العالى

هناك طريقتان لنقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

١- الكابلات الأرضية (Underground Cables)

تستخدم الموصلات المعزولة لنقل الكهرباء ويتم تمديدها فى اماكن بعيدة عن الوصول المباشرللافراد

٢- الخطوط الهوائية (Overhead transmission Lines - OHTL)

تستخدم الموصلات المكشوفة غير المعزولة والأبراج والأعمدة بأنواعها المختلفة لرفع الموصل عن الأرض بمسافة كافية لتوفيرالأمان والعزل بين الخطوط ، وسميت بالخطوط الهوائية لأن الهواء هو العازل بين الموصلات مع بعضها البعض على طول مسار الخط.

يتم الاختيار بين الكابلات الأرضية والخطوط الهوائية طبقاً لمعايير فنية و إقتصادية

- تستخدم خطوط النقل الهوائية على نطاق واسع فى المناطق الغير مأهولة بالسكان كما أن السعة الأمبيرية (قدرة الموصل على حمل التيار) تكون أكبر من الكابلات الأرضية عند نفس الجهد وبالتالى يكون موصل خط النقل أقل حجماً وأقل تكلفة من الكابلات الأرضية

- - تستخدم الكابلات الأرضية فى المناطق المأهولة بالسكان وذلك لغرض الأمان وضمان عدم حدوث أعطال أوحوادث وكذلك بالقرب من المطارات وفى المناطق المعرضة للكوارث الطبيعية والأعمال التخريبية ، إلا أن تكاليف الكابلات الأرضية أعلى من من تكاليف الخطوط الهوائية وكذلك إصلاح الأعطال ولايفضل استخدام الكابلات الأرضية فى المسافات الطويلة بسبب تيارات الشحن التى تتسبب بارتفاع كبير فى الجهد

صورة لموزع جهد منخفض هوائى



صورة لكابل جهد منخفض أرضي

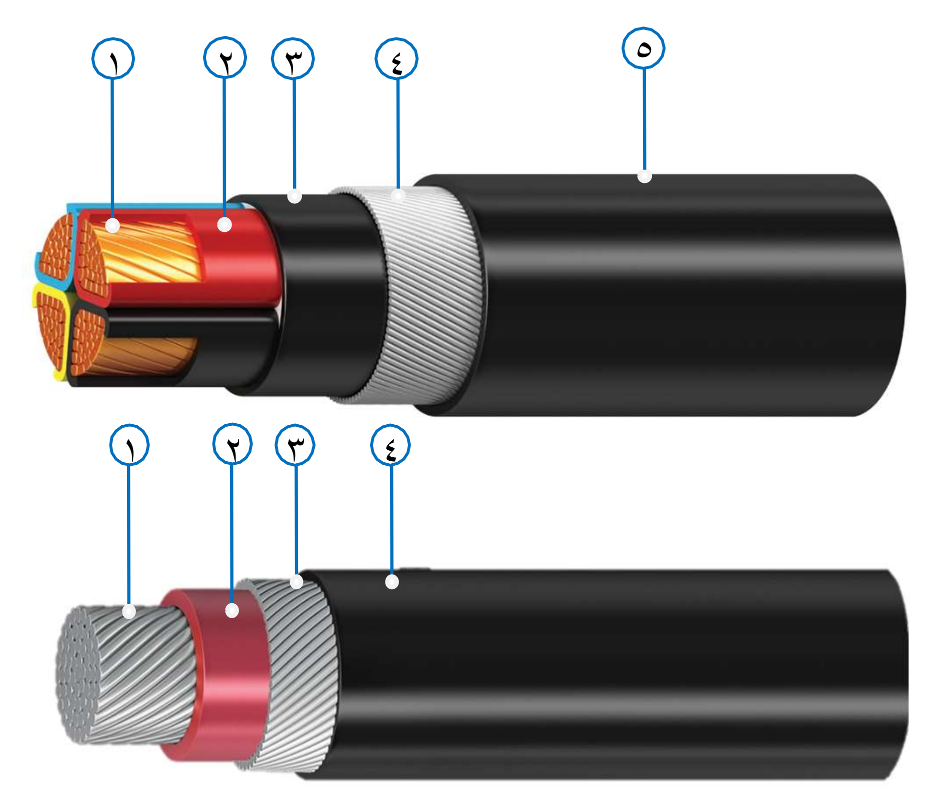
مقارنة بين الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية

وجه المقارنة	الخطوط الهوائية OHTL	الكابلات الأرضية UGC
التكلفة الإقتصادية	اقتصادية وأقل بكثير من الكابلات الأرضية	عالية التكلفة
أماكن الاستخدام	تستخدم فى الأماكن غير المأهولة	تستخدم فى الأماكن المأهولة
ظروف الاستخدام	تستخدم فى جميع الجهود وتفضل فى الجهود العالية والمسافات الطويلة	تستخدم فى جميع الجهود ولايفضل استخدامها فى الجهود العالية والمسافات الطويلة
الصيانة	تحتاج إلى صيانة دورية	لاتحتاج إلى صيانة دورية
الأعطال	يسهل اكتشاف الأعطال بمجرد النظر	يصعب اكتشاف الأعطال وتحتاج إلى معدات خاصة لكشف العطل وزمن أطول

تابع المقارنة بين الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية

وجه المقارنة	الخطوط الهوائية OHTL	الكابلات الأرضية UGC
عدد الأعطال	كثيرة الأعطال وتتأثر بالعوامل الطبيعية كالرياح والأمطار	قليلة الأعطال
تكاليف إصلاح الأعطال	تكلفة قليلة	تكلفة كبيرة
الأمان	أقل أماناً	أكثر أماناً
العمر الافتراضى	أقل من الكابلات الأرضية	أكثر من الخطوط الهوائية وقد يصل الى ضعف العمر الافتراضى للخطوط الهوائية
الشكل الجمالى	تشوه الشكل الجمالى وتحتل مساحة كبيرة تزداد بزيادة الجهد	تكون فى الغالب مدفونة داخل التربة

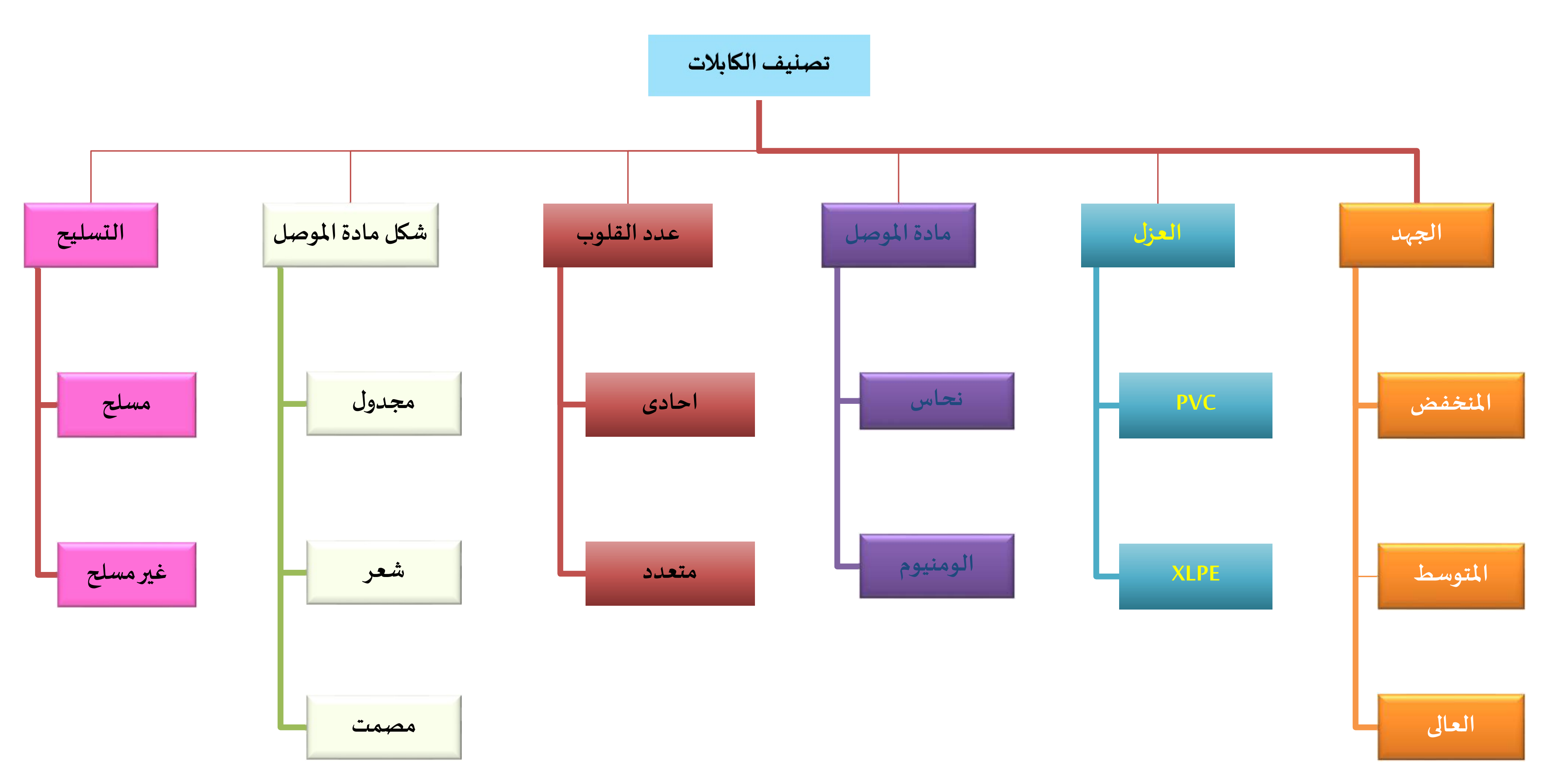
مقطع توضيحى لمكونات كابل جهد منخفض



١- الموصل
٢- العزل الداخلى
٣- الحشو
٤- التسليح
٥- العزل الخارجي للكابل

١- الموصل
٢- العزل الداخلى
٣- التسليح
٤- العزل الخارجي للكابل

مخطط يوضح تصنيف الكابلات طبقاً للمعايير المختلفة



تصنيف الكابلات طبقاً للجهد

يتم تصنيف الكابلات طبقاً للجهد كالتالى :

١- كابلات الجهد المنخفض أقل من ١٠٠٠ فولت

٢-كابلات الجهد المتوسط من ١٠٠٠ فولت حتى ٣٦ كيلوفولت

٣-كابلات الجهد العالى أكثر من ٣٦ كيلوفولت

- لا يوجد تصنيف عالمي لقيم محددة لهذه التصنيفات بل تختلف التصنيفات من مكان لآخر .

- من أهم ما يميز كابلات الجهد العالي هو تعقد التصميم مقارنه بالكابلات الأخرى نتيجة الحاجة لمستويات عزل عالية جدا، وأساليب تبريد أكثر كفاءة، لأن ارتفاع الجهد والتيار يؤديان إلى ارتفاع قيمة المفاقيد (Losses) سواء خلال الموصلات أو خلال العوازل، وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الكابل .

يتم الاشارة إلى قيم الجهد للكابلات بالقيم التالية :

U0 : وتدل علي قيمة الجهد بين الموصل والأرضي

U : وتدل علي قيمة الجهد بين الموصلات ويحدد بقيمة (r.m.s)

Um: وتدل علي أقصى قيمة لجهد التشغيل

Rated voltage of cable (U0)	Nominal system voltage (U)	Highest voltage for equipment (Um)
kV	kV	kV
0.45	0.75	
0.6	1	1.2
1.8	3	3.6
3	3	3.6

أنواع العوازل المستخدمه فى صناعة الكابلات

المواد العازلة:

يستخدم فى صناعة الكابلات العديد من المواد العازلة ويتوقف نوع المادة العازلة المستخدمة على ظروف التشغيل التى سيتعرض لها الكابل مثل الجهد ودرجة الحرارة والظروف الميكانيكية التى قد يتعرض لها وغير ذلك حيث أن المطلوب من المادة العازلة الأتى:

١-قوة العزل الكهربى الجيد طبقاً لجهد التشغيل.

٢-تحمل درجة الحرارة القصوى للتشغيل ودرجات الحرارة المرتفعة أثناء حدوث قصر على الكابل (Short circuit)دون أن تفقد خواصها.

٣-السماح بتمرير الحرارة المتولدة بالموصل نتيجة مرور تيار به إلى السطح الخارجى للكابل ومن ثم إلى الوسط المحيط بالكابل سواء كان هواء او رمل أو ماء كما فى حالة الكابلات البحرية

أنواع العوازل المستخدمه فى صناعة الكابلات

تستخدم المواد البوليمرية (Polymeric Material) فى صناعة عوازل الكابلات ويوجد نوعان رئيسيان من هذه المواد
١- اللدائن الحرارية (Thermoplastic) ومن أشهرها
أ- البولى فينيل كلوريد (Polyvinyl Chloride - PVC)
وهى مواد تتميز بخواص كهربية جيدة عند الجهود المنخفضة وتتحمل درجات الحرارة حتى ٧٠ درجة مئوية ، كما أنها لاتتأثر بالمواد الكيميائية والزيوت المعدنية كما أنها تتميز بخاصية الإطفاء الذاتى للهب فتحترق فى حالة وجود اللهب المباشر وتنطفىء بمجرد إبعاد مصدر اللهب
ومن عيوب هذه المواد أنها لاتتحمل درجات الحرارة العالية حيث يجب الأتزيد درجة الحرارة عن ١٦٠ درجة مئوية فى حالات قصر الدائرة ويمكن أن يحدث انهيار وتشققات فى درجات الحرارة المنخفضة جداً ، غير مناسبة للجهود العالية حيث ترتفع مفقودات العزل كما ينتج منها غازات سامة فى حالة الاحتراق
كما يجب الاتتعرض إلى الانحناءات الشديدة أثناء عملية التمديد
ب- البولى ايثلين (PE)
له خواص كهربية أقل من ال (PVC) ويستخدم حالياً على نطاق ضيق نظراً لتفاعله الكيميائي مع المواد المكونه للكابلات والمحيطة كالنحاس وستائر الكابلات المعدنية ويوجد منه نوعان بولى ايثلين منخفض الكثافة ويتحمل حتى درجة ٧٠ درجة مئوية وعالى الكثافة ويتحمل حتى ١١٥ درجة مئوية

أنواع العوازل المستخدمه فى صناعة الكابلات

الجوامد الحرارية (Thermosetting)

ولها خواص كهربائية جيدة كماتتميز عن البوليمرات بتحملها لدرجات حرارة أعلى ومقاومتها للتشوهات الميكانيكية الناتجة عن إرتفاع درجات الحرارة ومن أهم هذه المواد

البولى ايثلين التشابكى (XLPE)

وهو من نواتج اللدائن الحرارية تمت معالجته بواسطة التشابك (Cross Linked)

ويتميز بخواص كهربية وفيزيائية وكيميائية عالية كما يتميز بمقاومته العالية للرطوبة

ويمكن استخدامه فى درجات حرارة قد تصل إلي ٩٠ درجة مئوية ويمكنه تحمل درجات حرارة خلال فترة قصر الدائرة تصل إلى ٢٥٠ درجة مئوية

ولخواصه الكهربية العالية يستخدم فى عزل الموصلات لجميع الجهود الكهربية

من أصلد العوازل المعروفة ولذا لا يحتاج إلى تسليح إلا عند توقع تعرضه لإجهادات ميكانيكية

ومن عيوب هذا النوع أنه مادة صلدة جداً يجب الاتتعرض للانحناءات الشديدة خلال التمديد كما أنه اصعب فى التمديد مقارنة بكابلات (PVC)

أنواع الموصلات المستخدمه فى صناعة الكابلات

تصنع موصلات الكابلات من مواد عالية التوصيلية الكهربية وذات مقاومة نوعية منخفضة وتعتبر الفضة من أفضل الموصلات الكهربية ولكن تكلفتها العالية ومعامل المرونة حال دون استخدامها فى صناعة الكابلات ويقتصر استخدامها على أطراف التلامس للموصلات والقواطع وأيضاً طبقات القضبان التوزيع وبعض الكابلات

أما النحاس فهو الأكثر استخداماً لتوصيلتيه العالية وتكلفته الأقل نسبياً وتحمله العالى للشد ويستخدم أيضاً الألومنيوم ولكن أقل توصيلية من النحاس مايعادل ٦١% وأيضاً أقل تكلفة ويتميز بخفة الوزن

ولذا فالنحاس هو الأكثر والأوسع انتشاراً فى صناعة الكابلات وتحديداً فى الجهود العالية

فى بعض الأحيان يتم اضافة بعض المعادن إلى النحاس مثل القصدير والنيكل والفضة وعلى الرغم من أنها تقلل قيمة التوصيلية الكهربية للموصل إلا أنها تضيف بعض الخواص مثل :

-زيادة قوة ومتانة الموصل

-للتغلب على التفاعلات الكيميائية كتقليل عملية الأكسدة وبالتالى تقليل التأكل

-عمل طبقة عازلة بين الموصل والعازل للتخلص من عملية الالتصاق وبالتالى إزالة العزل بسهولة

يوضح الجدول التالى مقارنة بين النحاس والألومنيوم

الجدول التالى يوضح قيم المقاومة النوعية لبعض المواد ومقارنة قيم الكهربية بالنحاس التوصيلية

المادة	Material	$Ohm\text{-}mm^2/m \times 10^{-8}$	التوصيلية النسبيه مقارنة بالنحاس %
الفضة	Silver	1.629	106
النحاس المخمر	Copper, annealed	1.724	100
النحاس الصلد	Copper, hard drawn	1.777	97
النحاس المقصدر	Copper, tinned	1.741–1.814	95-99
الالومنيوم الطرى	Aluminum, soft	2.803	61
الصوديوم	Sodium	4.3	35
الرصاص	Lead	13.8	8
النيكل	Nickel	7.8	22

كماهو موضح بالجدول المرفق

الفضة هى أعلى المواد توصيلاً للكهرباء ثم النحاس وتعادل التوصيلية للألومنيوم ٦١ % من توصيل النحاس

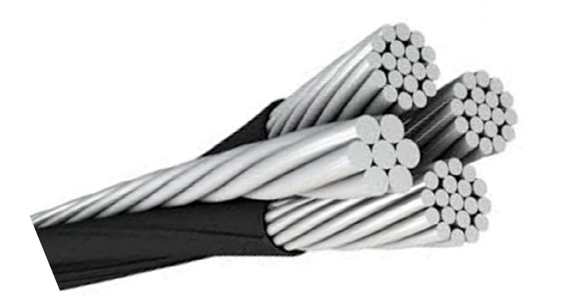
ولذا يستخدم كابلات الومنيوم ذات مساحات مقطع أكبر لتناسب نفس الاستخدام لكابلات النحاس

من مميزات النحاس التوصيل الجيد وتحمل الاجهادات ومن العيوب ثقل الوزن وإرتفاع التكلفة

من مميزات الألومنيوم التوصيل الجيد نسبياً وخفة الوزن ومن عيوبه سرعة التأكسد وارتفاع المقاومة ولايتحمل درجات الحرارة العالية

الجدول التالى مقارنة بين النحاس والألومنيوم

الوصف	Description	وحدة القياس	النحاس	الألومنيوم
التوصيلية	Electric conductivity	١٠٦/ أوم . مم٢	٥٨,٧	٣٦,٩
المقاومة النوعية	Electric resistivity	١٠٦. أوم . مم٢ / م	١,٧	٢,٧
الشد	Tension	كجم/ مم٢	١٩	١٠
أقصى شد	Max. Tension	كجم/ مم٢	٤٠	١٨
درجة الانصهار	Melting temperature	درجة مئوية	١٠٨٣	٦٦٠
الكثافة	Density	جم / سم٣	٨,٩	٢,٧
التوصيل الحرارى	Thermal conductivity	وات/م.كلفن	٣٨٦	٢٣٧
الصدأ	Rusting		يغطي بطبقة لونها أخضر من أكسيد النحاس	يفقد لمعانه ويغطي بطبقة من أكسيد الألومنيوم


كابلات من الالومنيوم


كابلات من النحاس

تصنيف الكابلات طبقاً لعدد القلوب(Cores)

يتم تصنيف الكابلات طبقاً لعدد القلوب

الكابلات إما أن تكون مفردة القلب single core أو متعددة القلوب Multi-core، وقلب الكابل عبارة عن موصل يحيط به مادة عازلة تعزله عن باقي القلوب وكذلك مكونات الكابل الأخرى

وتخضع المفاضلة فى اختيار نوع الكابل إلى عدد من العوامل الفنية والإقتصادية

كابلات أحادية القلب (Single Core Cables)

تعطي مرونة أكثر فى التمديد والصيانة ولكنها تحتاج الى ترتيب وتصنيف معين أثناء التمديد كما أن المعاوقة الحثية (Reactance) لها أعلى من الكابلات متعددة القلوب كما أنها تتعرض إلى أحمال ميكانيكية أعلى أثناء قصر الدائرة

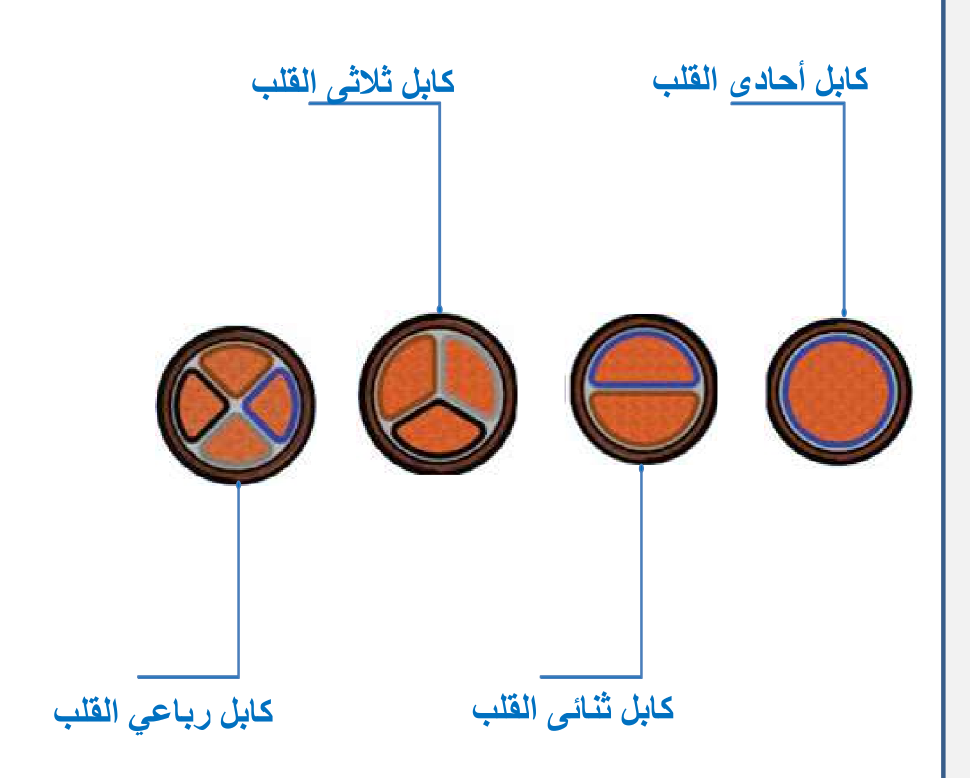
كابلات متعددة القلوب (Multi Core Cables)

استخدامها يؤدى إلى خفض التكاليف وكذلك استخدام مساحه أقل للتمديد وكذلك خفض الجهد نتيجة انخفاض المعاوقة الحثية (Reactance)وأيضاً اتزان الجهد افضل مقارنة بالكابلات أحادية القلب نتيجة اتزان الجهد لتساوى المسافة بين الفازات

يفضل استخدام الكابلات احادية القلب فى المقاطع الكبيرة وخاصة فى المجالات الصناعية والتوزيعات الداخلية للمبانى السكنية والتجارية

ويفضل استخدام الكابلات متعددة القلوب فى الأحمال الثلاثية المتزنة

- يوجد العديد من الاشكال والنوع المختلفة طبقاً لمتطلبات شبكة التوزيع وتتنوع بتنوع مصدر التغذيه من فازات ومحايد وأرضى
- يكون الثلاث فازات متماثلين المقطع ويختلف مقطع المحايد والأرضى إلى نصف المقطع للفازه او مثل مقطع الفازه ويعتمد اختيار مساحة مقطع النيوترل على اتزان الأحمال والتوافقيات وفى ظل التقدم الحالى للمعدات واستخدام الدوائر الالكترونية يفضل استخدام مساحة مقطع خط النيوترل مماثله لمساحة مقطع الفاز
- فى بعض الأحيان يكون مساحة مقطع النيوترال أكبر من مساحة مقطع الفاز
- أما كابل الأرضى فيكون طبقاً لمعاوقة الدائرة الخاصة بالأرضى



تصنيف الكابلات طبقاً لعدد القلوب(Cores)

١-موصل مصمت (Solid)

يتكون من سلك واحد ويستخدم فى مساحات المقاطع الصغيرة ويستخدم فى التوصيلات المنزلية وفى ملفات المحولات والمحركات وبعض كابلات التحكم وأنظمة التيار الخفيف ويستخدم فى التطبيقات التى تحتاج الى مقاومة عالية للتأكل ومقاومة الأحمال الميكانيكية ولاتحتاج إلي مرونة

ويتميز هذا النوع من الموصلات بانخفاض التكلفة مقارنة بالأنواع الأخري لعدم وجود تقنية عالية فى التصنيع

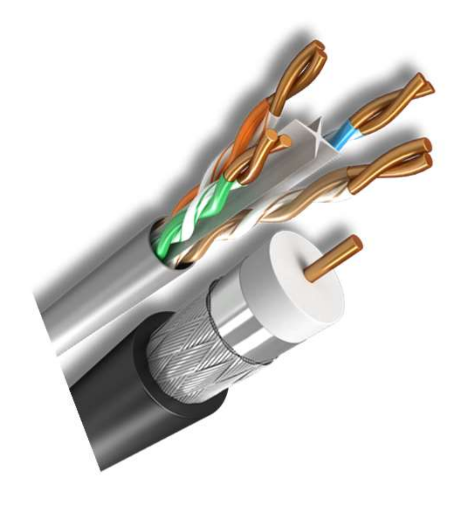
٢-موصل مرن (Flexible)

يتكون من عدد كبير من الموصلات ويتميز بالمرونة العالية ويستخدم فى الأجهزة والمعدات المتنقلة كماكينات اللحام وكابلات التحكم الخاصة بالروبوتات الصناعية

ويتميز بمرونته العاليه وتحمله درجات الحرارة العالية

٣-موصل مجدول (Stranded)

يتكون من عدد من الموصلات المجدولة والمرتبة على هيئة طبقات التى تعطى المرونة اللازمة للثنى وزيادة مساحة مقطع الموصل للتقليل من ظاهرة التأثير السطحى ((Skin effect



١- موصل مصمت (Solid)



٢- موصل مرن (Flexible)



٣- موصل مجدول (Stranded)

تتميز الكابلات المجدولة (Stranded) عن الكابلات المصمته (Solid) بالتالى :

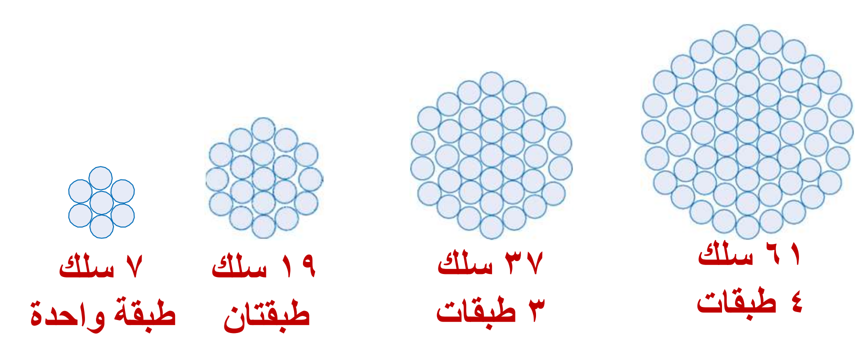
١- أكثر مرونة وسهلة الانحناء

٢- يمكن عمل مساحات مقاطع مختلفة بتغيير عدد الموصلات وعدد الطبقات

٣- السطح الخارجى الذي تشع منه الحرارة أكبر بكثير وبذلك يمكن تمرير تيار أكبر بحوالى ٣٠%

٤- التقليل من ظاهرة التأثير السطحى (Skin effect) و أيضاً ظاهرة التقارب (Proximity effect)

يتم تصنيع الكابلات علي شكل شكل مقطع دائرى (Circular) أو قطاع (Sector) كما هو موضح بالجدول التالى ويتميز الشكل القطاعى بتقليل مساحة وحجم المقطع للكابل



يوضح الشكل ترتيب الاسلاك داخل الموصل

من خلال المعادلة التالية يمكن معرفة عدد الاسلاك المكونة لمقطع الموصل

ن = ١+ (٣أ × (أ+١))

حيث :

ن عدد الاسلاك أ عدد طبقات الأسلاك

إذا كان عدد الطبقات ٢

فإن عدد الأسلاك

ن = ١+ ((٣×٢) × (٣+١))

ن = ١٩ سلك

الاستخدام الشائع	DESCRIPTION	التوصيف	شكل الموصل
يستخدم فى الكابلات و الاسلاك لمساحات المقاطع الصغيرة حتى ١٦ مم٢ نحاس و ٣٥ مم٢ الومنيوم للتركيبات الثابتة	Round, solid (RE)	**موصل دائرى مصمت**	
يستخدم فى الكابلات و الاسلاك لمساحات المقاطع الصغيرة و المتوسطة و الكبيرة	Round, stranded (RM)	**موصل دائرى مجدول**	
يستخدم فى الكابلات و الاسلاك لمساحات المقاطع الصغيرة و المتوسطة و الكبيرة	Round, stranded, compacted (RM)	**موصل دائرى مجدول مضغوط**	
يستخدم فى الكابلات المرنة	Fine or superfine-wire (F)	**موصل شعر**	
يستخدم فى الكابلات متعددة القلوب المصنوعه من الالومنيوم لمساحات المقاطع و المتوسطة و الكبيرة حتى١٨٥ مم٢ ويستخدم على نطاق محدود	Sector-shaped, solid (SE)	**موصل مصممت على شكل قطاع**	
يستخدم فى الكابلات متعددة القلوب لمساحات المقاطع المتوسطة و الكبيرة	Sector-shaped, stranded (SM)	**موصل مجدول على شكل قطاع**	

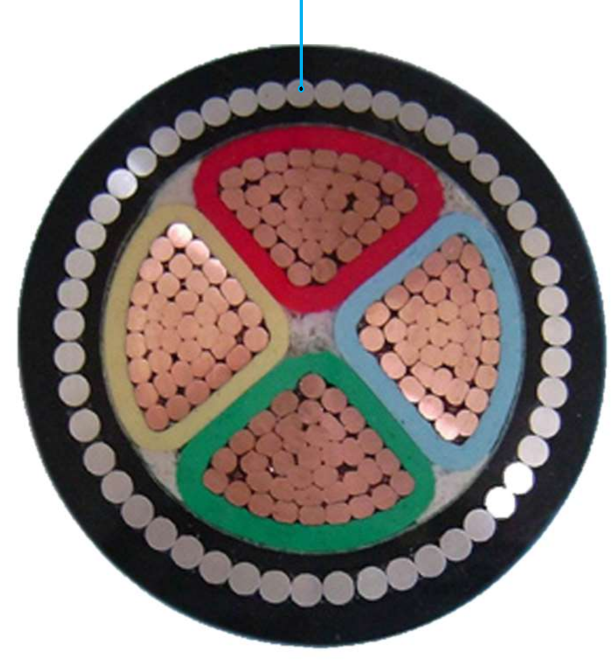
تصنيف الكابلات طبقاً للتسليح (ARMOURING)

تضاف طبقة التسليح على محيط الكابل لزيادة المتانة للكابل وحماية الكابل ومكوناته من الاجهادات التى يتعرض لها أثناء النقل والتمديد كمايزيد من قدرة الكابل على مقاومة الأحمال الميكانيكية وهجوم القوارض كماتعمل طبقة التسليح على حجب وتقليل تداخل الموجات الكهرومغناطيسية كماتستخدم طبقة التسليح لحمل تيار الخطأ الأرضى فى حالة حدوثه

من عيوب التسليح

١ـ زيادة وزن و حجم الكابل
٢ـعدم المرونة فى حالة الثنى والتمديد خلال الانحناءات
٣ـ تحتاج إلى معاملة خاصة فى حالة عمل وصلات الربط والنهايات
٤ـ زيادة التكلفة

طبقة تسليح من اسلاك الصلب SWA



مقطع لكابل ثلاثى الطور
(3P+N)
مسلح بطبقة من أسلاك الصلب

من أنواع التسليح :

١- تسليح بطبقة من شريط مصنوع من الصلب (STA)

يتكون من طبقة من شريط من الصلب المرن ملفوفه حول الكابل لحمايته من الاجهادات والأحمال الميكانيكيه ويستخدم فى التربة الهشة ذات الرمال والتراب الناعم وفى أماكن التى تتعرض لضغوط ميكانيكية عالية كالطرق

٢- تسليح بطبقة من أسلاك مصنوعة من الصلب (SWA)

يتكون من طبقة أوطبقتين من أسلاك من الصلب المجلفن ملفوفه حول الكابل لحمايته من الاجهادات والأحمال الميكانيكيه ويستخدم فى حالة وجود أحمال شد عالية وهذا النوع أعلى تكلفة من النوع السابق

٣- تسليح بطبقة من أسلاك مصنوعة من الألومنيوم (AWA)

كالنوع السابق ولكنه يتكون من طبقة أوطبقتين من أسلاك من الألومنيوم ويستخدم فى بعض أنواع الترنبات التى تحتاج إلى مقاومة لبعض المواد الكيميائية ويستخدم فى الكابلات الأحادية للتخلص من التيارات الدواميه (eddy currents)



١ـ كابل مسلح بشريط مصنوع من الصلب
(STA)



٢ـ كابل مسلح بطبقة من أسلاك من الصلب
(SWA)



٣ـ كابل مسلح بطبقة من أسلاك من الألومنيوم
(AWA)

ألوان الكابلات والأسلاك :

- تستخدم الوان مميزة للكابلات والأسلاك للتمييز بين الأنواع المختلفة من أنظمة الجهد والتفريق بين الخطوط المختلفة سواء فازات أونيوترال أوأرضي وذلك لجذب الانتباه وزيادة الأمان للأشخاص وتيسيرعمليات الصيانة والتشغيل
- بعض المواصفات والأكواد تلتزم بالوان معينة وتختلف هذه الألوان من دولة إلى أخرى ومن كود إلى كود أخر
- يوضح الشكل المقابل اشهر الألوان المستخدمة فى تميز الاسلاك والكابلات فى معظم الوطن العربي ويوجد اختلاف فى بعض الاماكن فيجب الالتزام بمتطلبات كل مشروع والكنطلبات المحليه.

	Single Phase الوجة الواحد	Three Phase الثلاث اوجة
R Y B الاطراف الحية الحاملة للتيار	احمر Red اصفر Yellow ازرق Blue	Line 1 Red Line 2 Yellow Line 3 Blue
N الطرف المتعادل	اسود Black	
E الطرف الارضي	Green-and-Yellow	

وحدات قياس مساحة مقطع الكابلات:

يقاس مساحة مقطع السلك أوالكابل بوحدة المللى متر مربع (مم٢) وهي وحدة القياس الأشهر

ويوجد وحدات قياس أخرى كالوحدات الأمريكية

المقياس الأمريكي (American Wire Gage - AWG)

يبدأ عملياً من (20 AWG) ويصل حتى رقم (0000/4) وكلما قل الرقم زاد مساحة المقطع

المل الدائري (MCM)

وهي وحدة تساوى مساحة دائرها قطرها واحد مِل (One Mil)وهي وحدة اصغر من البوصة والمل يساوى (٠,٠٠١) من البوصة أى مايعادل (٠,٠٢٥٤) مللى متر

1 mil = 0.02454 mm

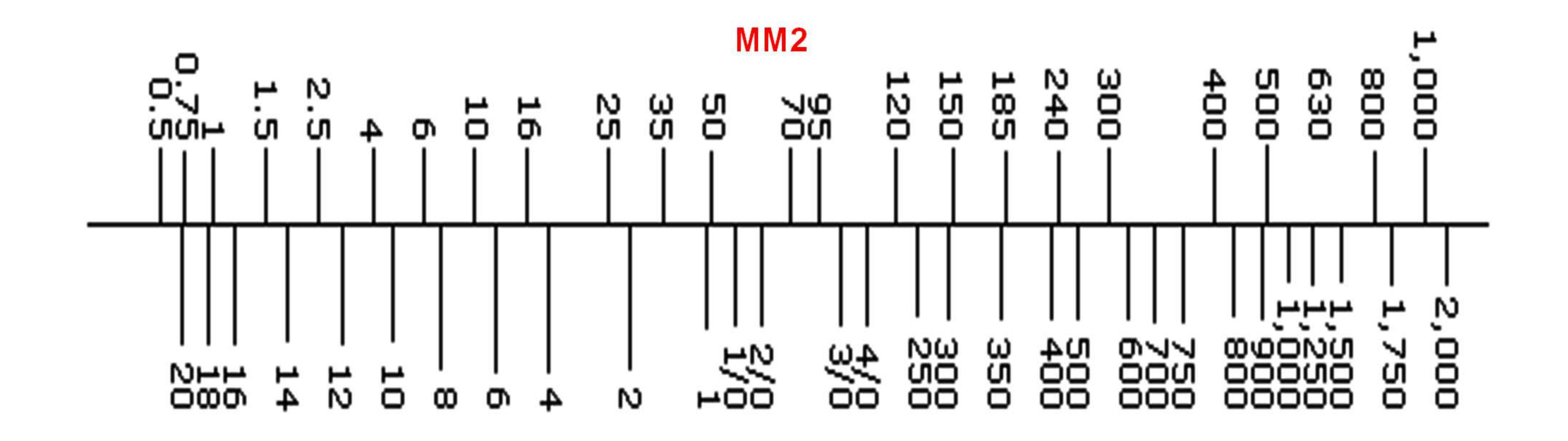
1000 Circular mil = 1 MCM

MCM = 0.5067 mm²

يوضح الجدول المقابل القيم المختلفة لمساحات المقاطع ومايعادلها من كل وحدة

mm² to AWG CONVERSION TABLE

mm²	[mm²] *	AWG/kcmil
0.5	0.52	20
0.75	0.82	18
1.5	1.31	16
2.5	2.08	14
2.5	3.31	12
4	3.31	12
6	5.26	10
10	8.36	8
16	13.3	6
25	21.2	4
35	33.6	2
35	42.4	1
50	53.5	1/0
70	67.4	2/0
95	85	3/0
95	107	4/0
120	107	4/0
120	127	250
150	152	300
185	177	350
185	203	400
240	228	450
240	253	500
300	304	600
400	380	750
400	405	800
500	507	1000


MM2
0.5
0.75
1
1.5
2.5
4
6
10
16
25
35
50
70
95
120
150
185
240
300
400
500
630
800
1,000
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
1
1/0
2/0
3/0
4/0
250
300
350
400
500
600
700
750
800
900
1,000
1,250
1,500
1,750
2,000
AWG/MCM

- في حالة التيار المتردد تكون قيمة المقاومة للموصل أكبر من نفس القيمة للتيار المستمر والسبب في ذلك التأثيرات الحثية التى تنتج من التيار المتردد
- وتنشأ هذه الزيادة من التأثيرات التالية

١- الظاهرة الجلدية Skin Effect ٢- ظاهرة التقارب Proximity Effect ٣-التيارات الدوامية Eddy Current

١. الظاهرة الجلدية Skin Effect

في حالة التيار المتردد تكون قيمة المقاومة للموصل أكبر من نفس القيمة للتيار المستمر والسبب في ذلك التأثيرات الحثية التى تنتج من التيار المتردد

وتنشأ هذه الزيادة من التأثيرات التالية

١- الظاهرة الجلدية Skin Effect ٢- ظاهرة التقارب Proximity Effect ٣-التيارات الدوامية Eddy Current

١. الظاهرة الجلدية Skin Effect

تنشأ هذه الظاهرة في الكابلات الحاملة للتيار المتردد فقط نتيجة الفيض المغناطيسي المتولد حيث يتمركز المجال المغناطيسى في وسط الموصل بدرجة كبيرة وتتولد قوة دافعة كهربية عكسية في وسط الموصل أكثر من السطح الخارجي له وعليه فتكون كثافة التيار في وسط الموصل أقل بكثير منها على السطح الخارجي له.

ويزداد تأثير هذه الظاهر مع زيادة كل من:

التردد. ٢- مساحة مقطع الموصل. ٣- شدة التيار.

ويكون تأثيرها بسيط جداً في الأسلاك الرفيعة التى تحمل تياراً صغيراً

ويمكن اهمال هذه الظاهرة في الموصلات الاقل من ٩٥ مم٢.

Conducto
No Current Flow
Current flow over the surface

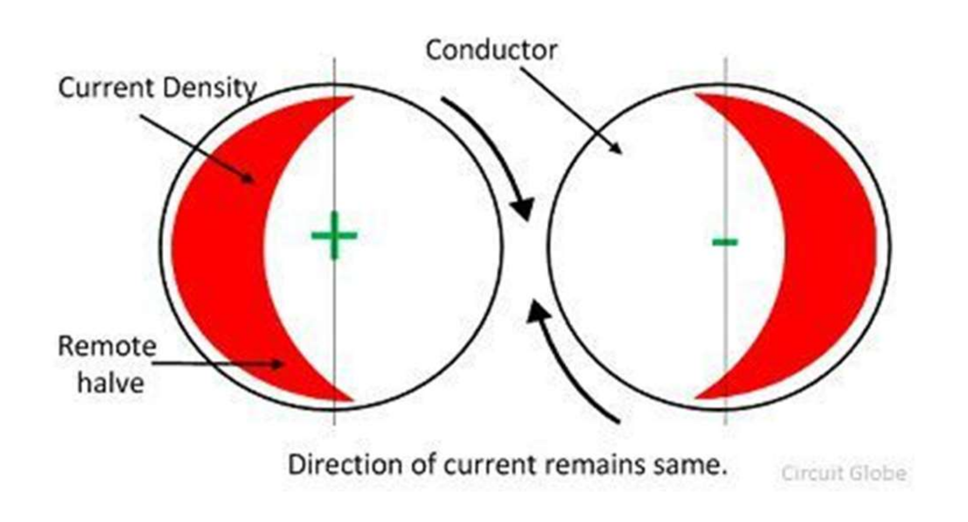
شكل توضيحى لمقطع كابل مصمت

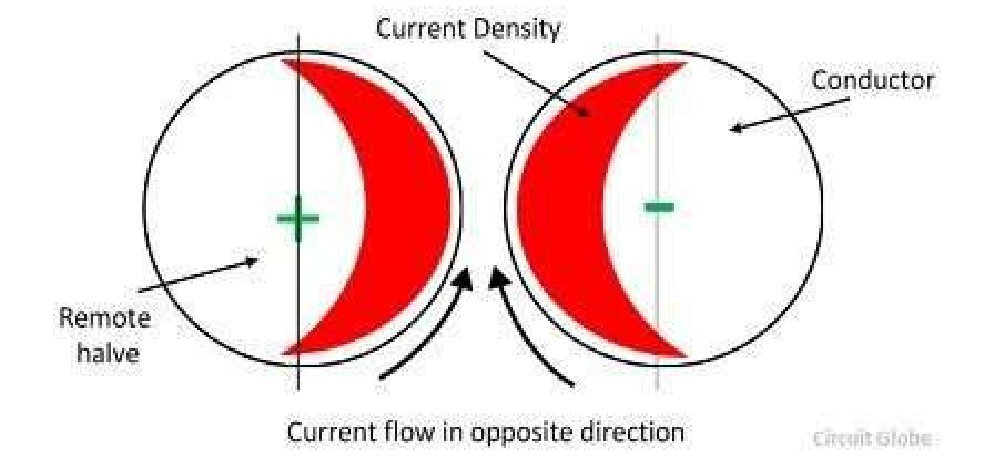
ظاهرة التقارب Proximity Effect

يرجع ظهورهذه الظاهرة إلي نفس أسباب ظاهرة Skin Effect وهو التوزيع الغير منتظم للتيار المتردد نيجة الفيض المغناطيسى بين موصلين متجاورين أو أكثر حيث تتفاعل المجالات المغناطيسية مع بعضها البعض ونتيجة لهذا التفاعل يتفاعل كل مجال مغناطيسى مع الأخر وتعتمد مكان تمركز التيار على اتجاه التيار فى كل موصل والمسافة بين الموصلين وقيمة التردد ومساحة المقطع لكل موصل

فى حالة مرور التيار في نفس الاتجاه فى كلا الموصلين يتركز التيار في منطقة الفاصله بين الموصلين كما في الشكل رقم (١)

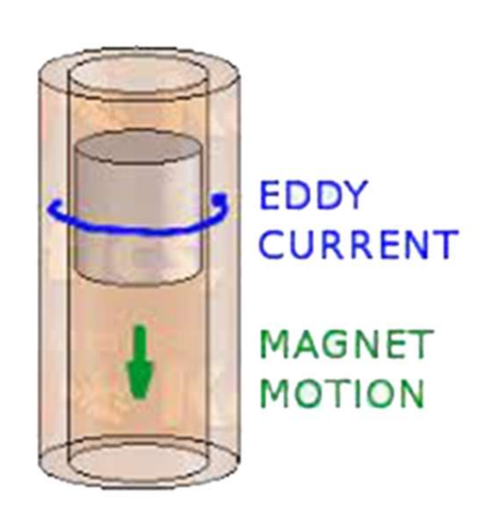
وفى حالة مرور التيارين فى عكس الاتجاه لكلا الموصلين يتركز التيار فى المنطقة المعاكسه كما في الشكل رقم (٢)





التيارات الدوامية Eddy Current

- فى حالة وجود كابل وجه واحد يحمل تيار متردد فإنه ينشأ من الموصل الحامل للتيار مجال مغناطيسى متغير يؤثر على الغلاف المعدنى الخارجى للكابل فيتولد بها جهد كهربي
- ونظراً لأن هذا الغلاف يكون موصلاً بالأرض من خلال طرفيى الكابل فيمر تيار دائرى فى هذا الغلاف ويؤدى إلى تسخينه إضافة إلى أن هذا التسخين هو فقد فى الطاقة على حساب الكابل ذو الوجه الواحد.



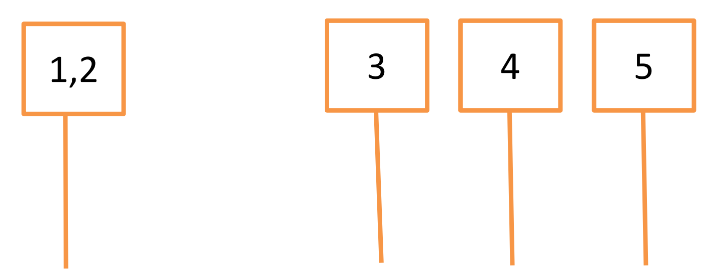
كيفية تمييز الكابلات

يتم تميز الكابلات بطبقات الكابل المختلفة بداية من مادة الموصل وحتى الطبقة الخارجية للموصل

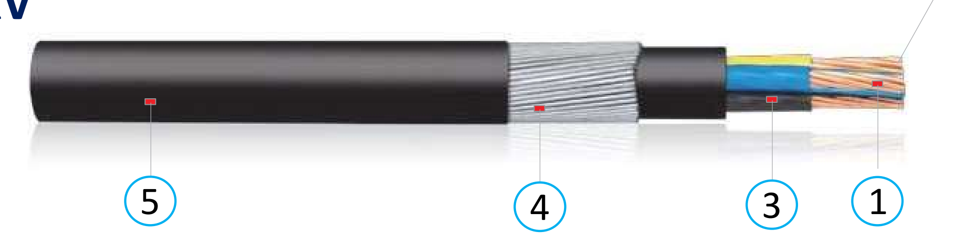
ومن أكثر الأنواع انتشاراً المكونات لكابلات الجهد المنخفض كماهو موضح بالجدول

1	2	3	4	5	6	7	8	9
عدد القلوب/الفازات علي سبيل المثال	**مساحة المقطع (mm2)**	**نوع مادة الموصل**	**عازل الموصل**	**المواد المالئة/الحشو**	**طبقة التسليح**	**الغلاف الخارجي للكابل**	**مواصفات الجهد**	**متطلبات أخري على سبيل المثال**
1C	1.5, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 35, 70, 95, 120,150, 240, 300, 400, 500, 630, 800, 1000	CU	PVC	PVC	SWA	PVC	400/600	Flame Retardant
3C		AL	XLPE	PE	STA	MDPE	600/1000	CIRCULAR
4C			LSZH		AWA	LSZH		UV

مثال توضيحى لكيفية تمييز الكابلات



4x120mm2 ,CU/PVC/SWA/PVC, 0.6/1 kV



NO OF CORES : 4

CROSS SECTION AREA :120MM2

CONDUCTOR MATERIAL : COPPER

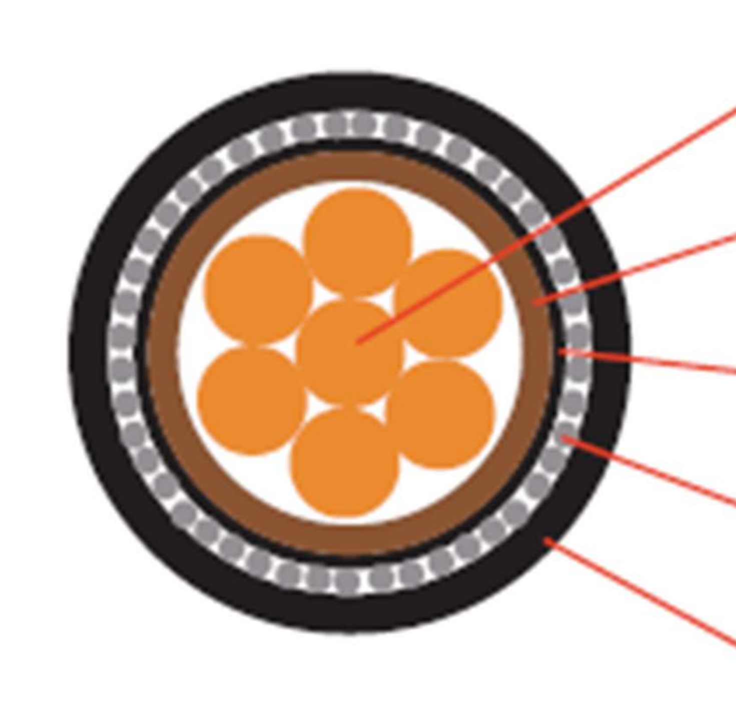
INNER INSULATION MATERIAL: PVC

ARMOUR TYPE :STEEL WIRE ARMOURED

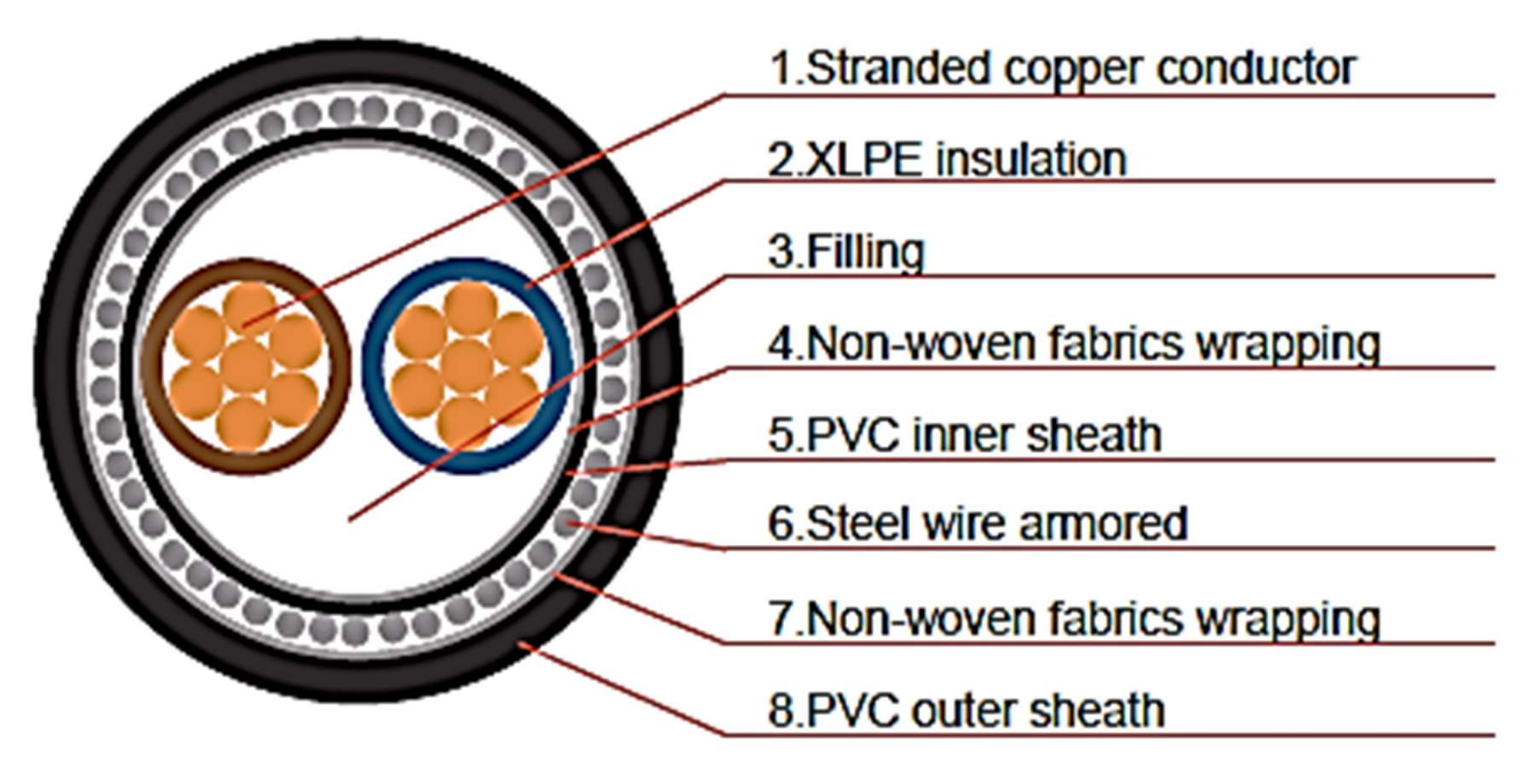
OUTER JACKET : PVC

VOLTAGE RATING :0.6/1 KV

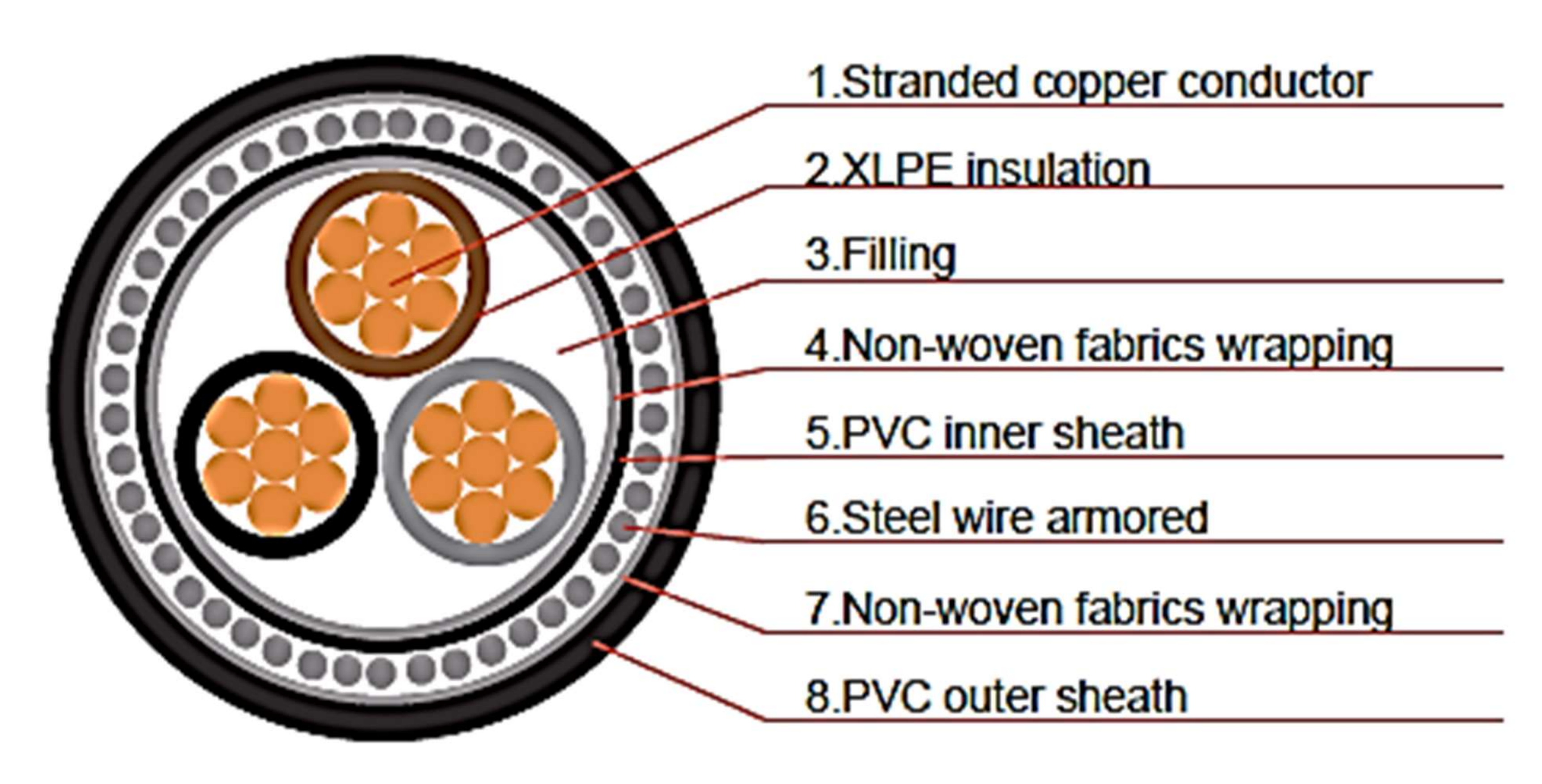
كما هو موضح فإن الكابل الموجود بالصوره كابل متعدد القلوب ومساحة مقطعه ١٢٠ مم٢ والموصل معزول بطبقة من البولى فينيل كلوريد والكابل مسلح بطبقة من اسلاك الصلب والغلاف الخارجى للكابل من البولى فينيل كلوريد وجهد النشغيل ٦٠٠/١٠٠٠ فولت



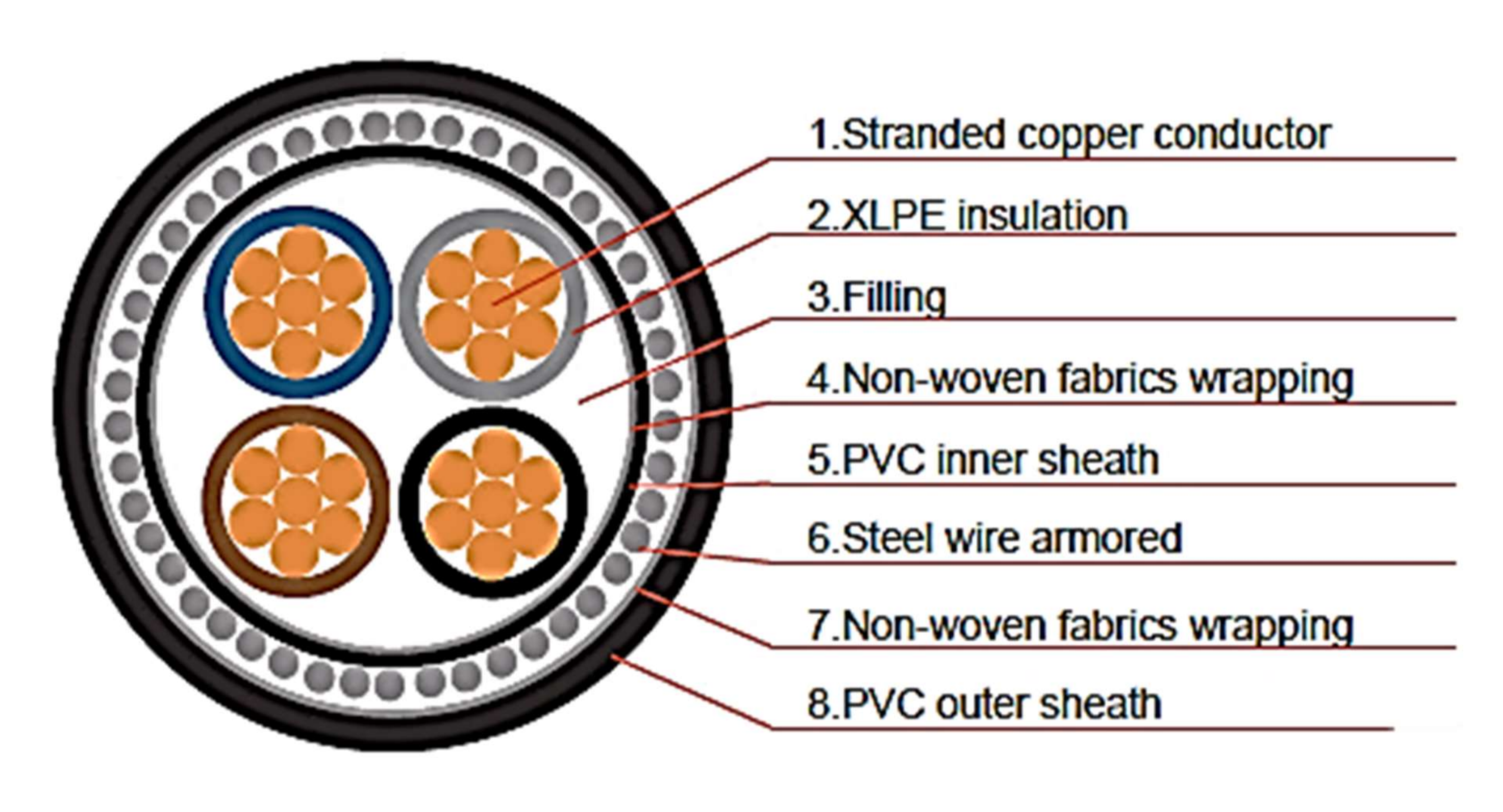
SINGLE CORE CABLE CROSS SECTION



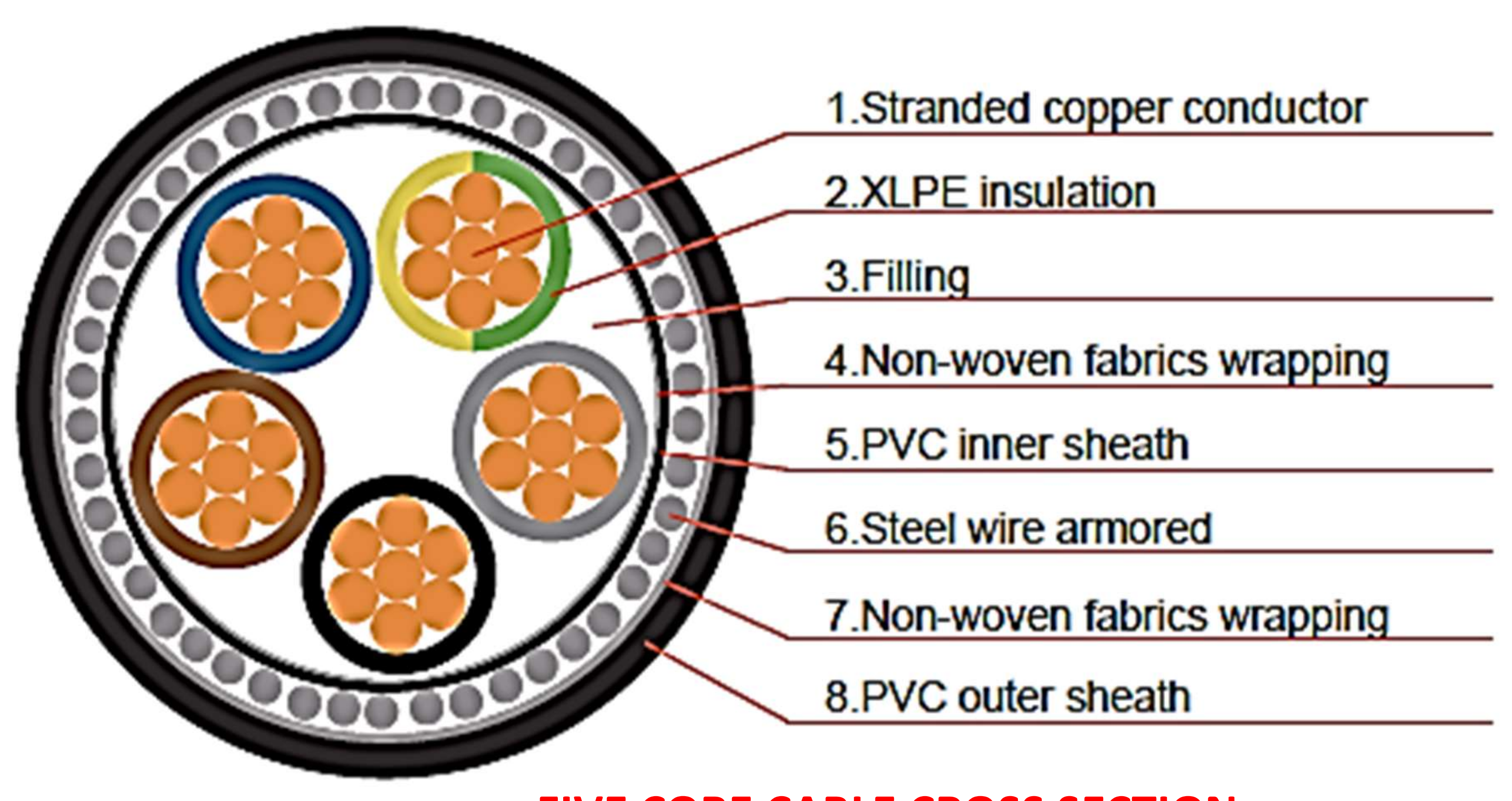
DOUBLE CORE CABLE CROSS SECTION



THREE CORE CABLE CROSS SECTION



FOUR CORE CABLE CROSS SECTION



FIVE CORE CABLE CROSS SECTION

إعداد : م.طارق أحمد أبوخضرة

EMAIL: eng.Aboukhadra@gmail.com